

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-151972

(43)Date of publication of application : 31.05.1994

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 04-324870

(71)Applicant : OMRON CORP.

(22)Date of filing : 09.11.1992

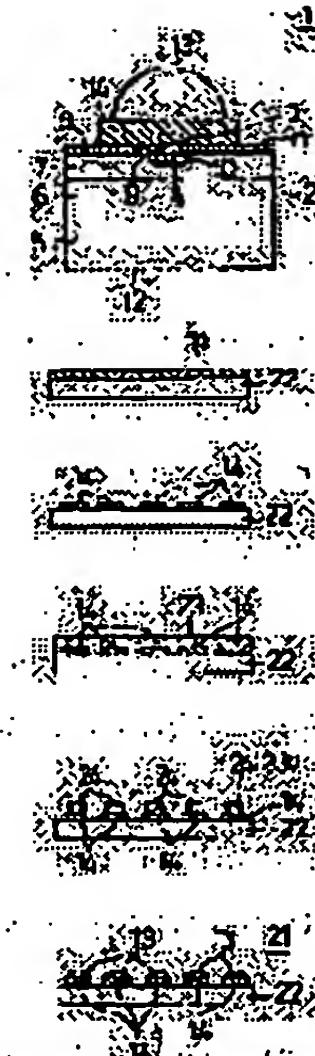
(72)Inventor : AOYAMA SHIGERU
NAKAMURA ARATA

(54) LENS-ON-CHIP LUMINESCENT DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the coupling efficiency of an optical system by positioning the major plane of a semiconductor luminous element, such as point-light-source type light emitting diodes mounted with a minute lens, away from its light output window in the direction of the optical axis.

CONSTITUTION: A buffer layer 14 is formed on the light output window 3 of a light emitting diode element chip 2. Lens material 24 is placed on the buffer layer in the position corresponding to that of the light output window 3 by photolithography. The lens material 24 is then baked and melted into a hemispherical shape, and solidified to form a minute hemispherical lens 13 on the buffer layer 14.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.10.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JP0 and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Lens-on chip mold luminescence equipment characterized by having formed the buffer layer on the optical outgoing radiation aperture at least, and forming a microlens in the location corresponding to said upper optical outgoing radiation aperture of this buffer layer of the semi-conductor light emitting device chip of the minute field luminescence mold which has an optical outgoing radiation aperture.

[Claim 2] Said microlens is lens-on chip mold luminescence equipment according to claim 1 characterized by forming a front face in the shape of a convex melting and by making it harden in the lens base material given on said buffer layer.

[Claim 3] Even if there are few semi-conductor light emitting device chips of the minute field luminescence mold which has an optical outgoing radiation aperture, a buffer layer is formed on an optical outgoing radiation aperture. A lens base material is arranged in the location corresponding to said optical outgoing radiation aperture on this buffer layer. The manufacture approach of lens-on chip mold luminescence equipment that a lens base material front face is made into a convex, and said lens base material front face is characterized by stiffening a lens base material in the state of a convex, and forming a microlens in the location corresponding to said optical outgoing radiation aperture by carrying out melting of this lens base material.

[Claim 4] Even if there is little semi-conductor light emitting device substrate with which much semi-conductor light emitting device chips of the minute field luminescence mold which has an optical outgoing radiation aperture are formed, a buffer layer is formed on each optical outgoing radiation aperture. A lens base material is arranged in the location corresponding to said each optical outgoing radiation aperture on this buffer layer. The manufacture approach of lens-on chip mold luminescence equipment that a lens base material front face is made into a convex, and said lens base material front face is characterized by stiffening a lens base material in the state of a convex, and forming a microlens in the location corresponding to said each optical outgoing radiation aperture by carrying out melting of this lens base material.

[Claim 5] La Stampa into which La Stampa of a microlens was produced using lens-on chip mold luminescence equipment according to claim 4, melting resin was poured in into this La Stampa, and this melting resin was poured. The semi-conductor light emitting device substrate with which much semi-conductor light emitting device chips of the minute field luminescence mold which has an optical outgoing radiation aperture are formed is aligned. The manufacture approach of the lens-on chip mold luminescence equipment characterized by producing many microlenses on a semi-conductor light emitting device substrate by removing La Stampa after stiffening said melting resin.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. *++* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to lens-on chip mold luminescence equipment and its manufacture approach. Speaking concretely, this invention's relating to the lens-on chip mold luminescence equipment which had the microlens formed on the optical outgoing radiation aperture of the semi-conductor light emitting device (especially light emitting diode) chip of a minute field luminescence mold, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] The structure of the conventional point light source mold light emitting diode (LED) component is shown in drawing 13 and drawing 14. The point light source mold light emitting diode component 101 of drawing 13 Are the light light emitting diode component of 0.6-micrometer band wavelength, and the laminating of the n-GaAs1-XPX layer 103, n-GaAs0.6P 0.4 layer 104, and SiO2 film 105 is carried out on the n-GaAs substrate 102. p diffusion field 107 is formed towards the inside of n-GaAs0.6P 0.4-layer 104 from the opening 106 of SiO2 film 105, the p lateral electrode 108 is formed on SiO2 film 105, and the n lateral electrode 109 is formed in the bottom of the n-GaAs substrate 102. If a deer is carried out and an electrical potential difference is impressed between the p lateral electrode 108 and the n lateral electrode 109, a hole will be poured into the luminescence field 110 of the bottom of p diffusion field 107 from the p lateral electrode 108 through p diffusion field 107, and outgoing radiation of the light which emitted light in the luminescence field 110 will be carried out outside through the optical outgoing radiation aperture 111 of SiO2 film 105 and the p lateral electrode 108.

[0003] Moreover, the point light source mold light emitting diode component 121 of drawing 14 It is the light emitting diode component of a Burrus mold. The laminating of the n-aluminum0.3Ga0.7As layer 123, the p-aluminum0.05Ga0.95As barrier layer 124, the p-aluminum0.3Ga0.7As layer 125, the n-aluminum0.15Ga0.85As layer 126, and the SiO2 film 127 is carried out to the inferior surface of tongue of the n-GaAs substrate 122 one by one. p diffusion field 129 is formed from the opening 128 of SiO2 film 127 to the p-aluminum0.3Ga0.7As layer 125. The p lateral electrode 130 was formed over the whole surface in the bottom of SiO2 film 127, opening of the etching hole 131 was carried out to the n-GaAs substrate 122 in p diffusion field 129 and the location which counters, and the n lateral electrode 132 is formed in the top face of the n-GaAs substrate 122. If a deer is carried out and an electrical potential difference is impressed between the p lateral electrode 130 and the n lateral electrode 132, a hole will be poured in from the p lateral electrode 130 through p diffusion field 129 to a barrier layer 124, and outgoing radiation of the light which emitted light in the field concerned of a barrier layer 124 will be carried out from the etching hole 131 of the n-GaAs substrate 122 outside.

[0004] Since it has the description that the minute condensing spot in an image formation side can be obtained easily, and the parallel flux of light in space can be acquired comparatively easily, such a point light source mold light emitting diode component 101,121 is used as the light source of photoelectrical detection equipments, such as the light source of optical I/O devices, such as a pointer (optical indicator), a laser beam printer, and a bar code reader, or a photograph micro sensor, an optical encoder, and a distance robot. While the point light source mold light emitting diode component is actually used for these optical equipments, improvement in much more efficiency for light utilization is wished that these demands are met with the demand of improvement in the engine performance, such as the accuracy of reading of these optical equipments, and long-distance-izing of detection distance.

[0005] However, in a point light source mold light emitting diode component, since the optical intensity distribution of outgoing radiation light have a lambert form, for example, when the lens is used as a joint component, only the optical power decided by chance [of defining as the opening dimension and luminescence location of a joint lens] corner chisel can be used theoretically. Similarly, available optical power is restricted with the numerical aperture NA of an optical fiber by the case where it is made to combine with an optical fiber.

[0006] Drawing 15 is the explanatory view showing the principle about the joint effectiveness of the above point light source mold light emitting diode components 141 and the joint lens 142, the floodlighting section of a photograph micro sensor is assumed as optical system, and the joint lens 142 and the point light source mold light emitting diode component 141 serve as arrangement from which outgoing radiation light turns into collimation light. Since the joint lens 142 is arranged in such arrangement so that the focal location may be in agreement with the optical outgoing radiation aperture (luminescence side) 143 of the point light source mold light emitting diode component 141, The prospective angle theta of the flux of light 144 by which outgoing radiation is carried out to the joint lens 142 from the luminescence location of the point light source mold light emitting diode component 141 Numerical-aperture NA [=sintheta=root(R2+f2)/f;R of the joint lens 142 serves as an include angle. [=sin-1(NA)] corresponding to focal distance] of a joint lens in 1/2 (radius of an entrance pupil)f of the opening dimension of a joint lens. The joint effectiveness eta at this time (= incorporation power / outgoing radiation power) is eta=NA2=sin2theta like the after-mentioned. — It becomes **. In addition, 145 is the optical axis of optical system.

[0007] Drawing 16 is above-mentioned **-type explanatory view, and the point that A has the optical intensity distribution of a lambert form emitting light, x; y, and the z-axis are rectangular coordinate systems which make the point A concerned emitting light a zero, and have defined the z-axis in the direction of optical outgoing radiation (the direction of an optical axis) from the point A emitting light. Moreover, the segment which the spherical surface 146 passing through a zero showed the optical intensity distribution of a lambert form, and lengthened at the point on the spherical surface 146 from the zero Since the die length of (AC [for example,]) expresses the optical intensity distribution of the point (for example, the point C). When optical reinforcement in the point that only phi inclined from the z-axis is set to I(phi) as shown in drawing 16, and optical reinforcement (the maximum light reinforcement = AB) on an optical axis (z-axis) is set to I_{max}, among these, it is I(phi) = I_{max} - cosphi. — There is relation of **. Moreover, optical power deltaP which passes along the band-like zona orbicularis of width-of-face dphi to which only phi tended to have inclined from the z-axis on the spherical surface 146 is deltaP=2pi-I_{max}-sinphi-cosphi=pilmax-sin2phi-dphi. — Since it is **, the optical power P [] becomes like the following ** type.

$$P = \int_0^{\pi} \Delta P = \pi \max \int_0^{\pi} I \cdot \sin^2 \phi \cdot d\phi$$

$$= 2 \pi I_{\max} \cdot \sin^2 \theta \quad \dots ④$$

[0009] Since total radiation light power is 2pilmax, when it standardizes ** type by total radiation light power here, the optical power ratio eta emitted in the prospective angle theta, i.e., joint effectiveness, is eta=sin2theta. — It becomes ** and the aforementioned ** type is obtained.

[0010] What is shown in drawing 17 expresses with a graph the count result of the joint effectiveness eta over the numerical aperture NA of the joint lens expressed with **-type. Since the maximum of the numerical aperture NA of the joint lens generally used is about 0.5, joint effectiveness eta can be desired only about 25% at the maximum, and high joint effectiveness is not acquired.

[0011] However, what is necessary is just to narrow breadth of the outgoing radiation light intensity distribution of a light emitting diode component, without reducing the outgoing radiation power from a light emitting diode component, in order to raise the joint effectiveness of optical system. As a means to realize such an approach, the structure of making a microlens loading on a light emitting diode component can be considered.

[0012] Drawing 18 is the sectional view showing the structure of the conventional point light source mold light emitting diode 151 in which the microlens 152 was loaded, and the microlens 152 which carried out the shape of a

semi-sphere on the optical outgoing radiation aperture 111 of the light emitting diode component 101 is loaded. However, in the light emitting diode 151 of such structure, since the optical outgoing radiation aperture 111 is arranged near the principal plane (refracting interface of the beam of light at the time of thinking by geometrical optics) of a microlens 152 as shown in drawing 19 although the microlens 152 is loaded, outgoing radiation of the beam of light 153 which comes out of the optical outgoing radiation aperture 111 is carried out, without passing through a principal plane. Consequently, the load microlens 152 does not have a refraction function as shown in drawing 19, but it is the same as that of the case where a microlens 152 is not loaded, almost. [of outgoing radiation light intensity distribution] Therefore, in such point light source mold light emitting diode 151 of structure, even if the microlens 152 is loaded, the improvement in joint effectiveness with a joint lens is not expectable.

[0013] Drawing 20 is the sectional view showing the structure of another conventional point light source mold light emitting diode 156 in which the microlens 157 was loaded. If it is in this point light source mold light emitting diode 156, the spherical microlens (bulb lens) 157 is dedicated in the etching hole 131 by which opening was carried out to the substrate 122 of the light emitting diode component 121, and the microlens 157 is fixed to a substrate 122 with the epoxy resin 158. In the point light source mold light emitting diode 156 of such structure, since the principal plane of a microlens 157 will be arranged at the distance which is fully separated from the optical outgoing radiation section (light-emitting part), outgoing radiation light intensity distribution can be narrowed comparatively effectively. However, it sets to such light emitting diode 156. Since high precision positioning of a (a) microlens, high precision adhesion, etc. are required, New plant-and-equipment investment is needed in addition to the equipment for producing that the cycle time falls by complicated-ization of these processes, and the point light source mold light emitting diode component of the (b) former, In order to mainly use synthetic quartz glass and to give an effective lens function as the quality of the material of a (c) microlens, high precision polish processing is needed to the minute spherical surface, and the component expense of a microlens becomes very expensive. There was a problem of becoming several times as many cost quantity as this as compared with the light emitting diode component in which the conventional microlens is not loaded by the reason of **.

[0014]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The place which this invention be make in view of the fault of the above-stated conventional example, and be make into the purpose be in semi-conductor light emitting devices, such as point light source mold light emitting diode which loaded the microlens, by form a microlens using a light emitting diode production process on the optical outgoing radiation aperture of a semi-conductor light emitting device chip, and keep away the principal plane from an optical outgoing radiation aperture in the direction of an optical axis to raise the joint effectiveness of the optical system containing semi-conductor luminescence equipment.

[0015]

[Means for Solving the Problem] The lens-on chip mold luminescence equipment of this invention is characterized by having formed the buffer layer on the optical outgoing radiation aperture at least, and forming a microlens in the location corresponding to said upper optical outgoing radiation aperture of this buffer layer of the semi-conductor light emitting device chip of the minute field luminescence mold which has an optical outgoing radiation aperture.

[0016] Moreover, in the above-mentioned lens-on chip mold luminescence equipment, a microlens may be formed for the lens base material given on said buffer layer melting and by making it harden and making a front face into the shape of a convex.

[0017] The manufacture approach of the lens-on chip mold luminescence equipment of this invention Even if there are few semi-conductor light emitting device chips of the minute field luminescence mold which has an optical outgoing radiation aperture, a buffer layer is formed on an optical outgoing radiation aperture. A lens base material is arranged in the location corresponding to said optical outgoing radiation aperture on this buffer layer. By carrying out melting of this lens base material, a lens base material front face is made into a convex, and said

lens base material front face is characterized by stiffening a lens base material in the state of a convex, and forming a microlens in the location corresponding to said optical outgoing radiation aperture.

[0018] Moreover, the manufacture approach of another lens-on chip mold luminescence equipment of this invention Even if there is little semi-conductor light emitting device substrate with which much semi-conductor light emitting device chips of the minute field luminescence mold which has an optical outgoing radiation aperture are formed, a buffer layer is formed on each optical outgoing radiation aperture. A lens base material is arranged in the location corresponding to said each optical outgoing radiation aperture on this buffer layer. By carrying out melting of this lens base material, a lens base material front face is made into a convex, and said lens base material front face is characterized by stiffening a lens base material in the state of a convex, and forming a microlens in the location corresponding to said each optical outgoing radiation aperture.

[0019] Moreover, the manufacture approach of still more nearly another lens-on chip mold luminescence equipment of this invention La Stampa into which La Stampa of a microlens was produced using the lens-on chip mold luminescence equipment manufactured as mentioned above, melting resin was poured in into this La Stampa, and this melting resin was poured. After aligning the semi-conductor light emitting device substrate with which much semi-conductor light emitting device chips of the minute field luminescence mold which has an optical outgoing radiation aperture are formed and stiffening said melting resin, it is characterized by producing many microlenses on a semi-conductor light emitting device substrate by removing La Stampa.

[0020]

[Function] If it is in the lens-on chip mold luminescence equipment of this invention, since the microlens is prepared on the buffer layer formed on the optical outgoing radiation aperture, even when microlenses other than a ball lens (the shape of for example, a semi-sphere) are used, the principal plane and the point emitting light of a microlens can fully be detached with the thickness of a buffer layer, and the optical intensity distribution of the light by which outgoing radiation is carried out can be effectively narrowed by the microlens. Therefore, when making it combine with a joint lens, an optical fiber, etc., high joint-effectiveness can be acquired.

[0021] Moreover, since high joint-effectiveness can be acquired even if it does not use a ball lens, high precision positioning of a microlens, high precision adhesion, etc. are required, it is lost, and the production process of a microlens can be simplified. Furthermore, since highly precise polish processing is unnecessary like a ball lens, component expense of a microlens can be made cheap.

[0022] Moreover, the manufacture approach of the lens-on chip mold luminescence equipment of this invention Form a buffer layer on an optical outgoing radiation aperture, and a lens base material is arranged in the location corresponding to said optical outgoing radiation aperture on this buffer layer. Since a lens base material front face is made into a convex, said lens base material front face stiffens a lens base material in the state of a convex by carrying out melting of this lens base material and the microlens is formed in the location corresponding to said optical outgoing radiation aperture A microlens can be produced using the manufacture process of a light emitting device chip, and a microlens can be produced comparatively easily. Moreover, since a microlens can be formed using the manufacture process of a light emitting device chip as it is, new plant-and-equipment investment is also unnecessary, and can make facility cost cheap. Moreover, since the resist agent for for example, semi-conductor production can be used as the quality of the material of a microlens, ingredient cost also becomes cheap.

[0023] Moreover, if La Stampa of a microlens is produced by making into original recording the lens-on chip mold luminescence equipment manufactured as mentioned above, back La Stampa which pours in and stiffened melting resin in this La Stampa is removed and many microlenses are produced on a semi-conductor light emitting device substrate, a microlens can be reproduced very easily and the mass-production nature of luminescence equipment equipped with the microlens can be raised.

[0024]

[Example] The sectional view of the light emitting diode 1 of the lens-on chip mold by one example of this invention is shown in drawing 1 . 2 is the light emitting diode component chip of a point light source mold (minute field luminescence mold), opening of the optical outgoing radiation aperture 3 is carried out to the top face, and the luminescence field 4 is formed in it under the optical outgoing radiation aperture 3. For example, this light

emitting diode component chip 2. The laminating of the n-GaAs1-XPX layer 6, n-GaAs0.6P 0.4 layer 7, and SiO₂ film 8 is carried out on the n-GaAs substrate 5. Form p diffusion field 10 towards the inside of n-GaAs0.6P 0.4-layer 7 from the opening 9 of SiO₂ film 8, and it considers as current constriction structure. If the p lateral electrode 11 was formed on SiO₂ film 8, the n lateral electrode 12 is formed in the bottom of the n-GaAs substrate 5 and an electrical potential difference is impressed between the p lateral electrode 11 and the n lateral electrode 12. A hole is poured into the luminescence field 4 of the bottom of p diffusion field 10 from the p lateral electrode 11 through p diffusion field 10, and outgoing radiation of the light which emitted light in the luminescence field 4 is carried out outside through the opening 9 of SiO₂ film 8, and the optical outgoing radiation aperture 3 of the p lateral electrode 11. Furthermore, the transparent buffer layer 14 which has a refractive index almost equal to a microlens 13 is formed in the top face of the field containing the optical outgoing radiation aperture 3 of the light emitting diode component chip 2, and the microlens 13 is formed on the buffer layer 14. Here, the diameter D of opening of a microlens 13 is made into twice the radius of curvature r of the front face of a microlens 13, and the microlens 13 is carrying out the semi-sphere configuration.

[0025] In the above-mentioned light emitting diode 1, since the principal plane of the microlens 13 loaded in the light emitting diode component chip 2 is arranged in the location which is distant from the optical outgoing radiation aperture 3 enough with existence of a buffer layer 14, the light which carried out outgoing radiation will receive a refraction operation of a microlens 13 from the optical outgoing radiation aperture 3 by passing through a principal plane. By designing suitably the configuration of the microlens 13 and buffer layer 14 which are loaded in the light emitting diode component chip 2 at this time, the joint effectiveness η with a joint lens can be raised so that outgoing radiation light intensity distribution can be narrowed, consequently it may state below as compared with the case where a microlens 13 is not loaded.

[0026] Drawing 2 is drawing for explaining the joint effectiveness of the above-mentioned light emitting diode 1 and the joint lens 15, in accordance with the optical axis 16, the optical outgoing radiation aperture 3, the buffer layer 14, the microlens 13, and the joint lens 15 are arranged, and the conditions of the following - (mosquito) (j) are assumed.

(f) Light emitting diode 1 and the joint lens 15 are arranged so that the outgoing radiation light 17 from an image formation lens may turn into collimation light. The outgoing radiation light 17 which passed through the outermost periphery of the (g) microlens 13 passes through the outermost periphery of the joint lens 15. For the (h) light outgoing radiation aperture 3, the diameter d of opening of that it can be regarded as a point and the (i) microlens 13 is that are twice the radius of curvature of the front face of a microlens 13, and the microlens 13 is carrying out the shape of a semi-sphere, and that the refractive index of the (j) buffer layer 14 and a microlens 13 is equal. $d = 2r$?

[0027] The outgoing radiation light 17 which carries out outgoing radiation from the optical outgoing radiation aperture 3, and passes along the outermost periphery of a microlens 13 in drawing 2 an optical axis 16 and the include angle to make alpha, Supposing the outgoing radiation light 17 which passes through the outermost periphery of a microlens 13 and goes to the outermost periphery of the joint lens 15 sets an optical axis 16 and the include angle to make to beta and each refractive index of a buffer layer 14 and a microlens 13 is n It is $n = \sin(\pi/2 - \alpha) = \sin(\pi/2 - \beta)$ by applying a Snell's law in the spherical surface of a microlens 13.

That is, $n = \cos(\alpha) = \cos(\beta)$ — ** is realized. Here, the ratio η of the optical power incorporated by the joint lens 15 among the optical power by which outgoing radiation is carried out from the optical outgoing radiation aperture 3, i.e., joint effectiveness, is $\eta = \sin 2(\alpha)$ so that clearly from drawing 2 — It becomes **.

Moreover, the joint effectiveness $\eta = 0$ when not providing a microlens 13 from assumption, since the numerical aperture NA of the joint lens 15 is equal to $\sin(\beta)$ is $\eta = \sin^2(\beta)$ — It becomes **. Therefore, the joint effectiveness ratio m is $m = \eta / \eta = \sin^2(\alpha) / \sin^2(\beta)$ from ** - ** type.

$= \sin^2(\alpha) / [1 - n^2 \cos^2(\alpha)]$ — It becomes **. For example, since it is $\beta = 30$ degrees, if numerical aperture NA of the joint lens 15 is made into a refractive index $n = 1.5$ from 0.5, then $\sin(\beta) = NA = 0.5$, it will become $\alpha = 54.73$ degrees and the joint effectiveness ratio $m = 2.7$ will be obtained from ** type. That is, joint effectiveness becomes 2.7 times.

[0028] Moreover, what is shown in drawing 3 is drawing showing the diameter d of opening of the microlens 13

when the diameter of opening of the optical outgoing radiation aperture 3 presupposes that it is limited and changes thickness w of a buffer layer 14, and relation (count result) with the joint effectiveness ratio m. Here, while assuming the above-mentioned condition (g) (i) (j), the diameter of opening of the optical outgoing radiation aperture 3 is set to 20 micrometers, the refractive index of a microlens 13 is set to $n=1.5$, and it is considering as numerical-aperture $NA=0.5$ of the joint lens 15, and $D=5mm$ of diameters of opening. Moreover, the curve C1 of drawing 3 shows the relation of the diameter d of opening of a microlens 13 and the joint effectiveness ratio m when the thickness of a buffer layer 14 is 10 micrometers, in case the thickness of a buffer layer 14 of a curve C3 is 15 micrometers as for a curve C2, when the thickness of a buffer layer 14 is 5 micrometers: According to this count result, the most remarkable effectiveness is expressed when the thickness of a buffer layer 14 is 15 micrometers.

[0029] What is shown in drawing 4 is the sectional view showing the light emitting diode array 21 of the lens-on chip mold by another example of this invention. What was shown in drawing 1 has formed the microlens 13 through the buffer layer 14 in this luminescence diode array 21 to forming a microlens 13 after the light emitting diode component chip 2 of a simple substance on each optical outgoing radiation aperture 3 of the light emitting diode component substrate 22 formed in the point light source mold light emitting diode component chip 2 which has the optical outgoing radiation aperture 3. [many]

[0030] Drawing 5 (a), (b), (c), (d), and (e) are the sectional views showing one example of the manufacture approach of the above-mentioned light emitting diode array 21, and show the process which produces a microlens 13 on the light emitting diode component substrate 22 (or light emitting diode wafer). If this microlens production process is explained along with drawing 5, first, the light emitting diode component chip 2 of the minute field luminescence mold which has the optical outgoing radiation aperture 3 will form a buffer layer 14 in the whole top face of the light emitting diode component substrate 22 currently formed with a transparent photoresist ingredient etc., will carry out patterning of [drawing 5 (a)] and the buffer layer 14 concerned using a photolithography technique, and will arrange a buffer layer 14 on each optical outgoing radiation aperture 3 [drawing 5 (b)]. [many] In addition, what is used for the manufacture process of light emitting diode can be used for this photolithography technique as it is. Subsequently, the whole surface of the light emitting diode component substrate 22 is coated with the charges 23 of microlens material (for example, transparent resist agent for semiconductor production etc.) from on a buffer layer 14, patterning of [drawing 5 (c)] and the charge 23 of microlens material is carried out using a photolithography technique, and the lens base material 24 which becomes a location corresponding to the optical outgoing radiation aperture 3 on a buffer layer 14 from the charge 23 of microlens material is arranged [drawing 5 (d)]. Subsequently, if the lens base material 24 on a buffer layer 14 and melting of the lens base material 24 is carried out, the front face of the fused lens base material 24 turns into a convex, while lens base material 24 front face had maintained the convex condition, the lens base material 24 will be stiffened, and the semi-sphere-like microlens 13 will be formed in the location corresponding to each optical outgoing radiation aperture 3 [drawing 5 (e)]. Since the quality of the material is chosen at this time so that it may differ from the quality of the material of a buffer layer 14, and the quality of the material of the lens base material 24 and the melting point of the quality of the material of a buffer layer 14 may become higher than the melting point of the quality of the material of the lens base material 24, only the lens base material 24 fuses a buffer layer 14, without fusing. Drawing 6 is the perspective view (what was drawn based on the scanning electron microscope [SEM] photograph) showing the microlens 13 produced by doing in this way fractured in part.

[0031] Thus, if a microlens 13 is produced, since a microlens 13 is producible using the manufacture process of the conventional light emitting diode, a microlens 13 can be produced comparatively easily. Moreover, since the manufacture process of the conventional light emitting diode can be diverted as it is and a microlens 13 can be formed, new plant-and-equipment investment is also unnecessary, and can make facility cost cheap. Moreover, since the resist agent for for example, semi-conductor production can be used as the quality of the material of a microlens 13, ingredient cost also becomes cheap.

[0032] In addition, in the above-mentioned example, although the case where many microlenses 13 were formed on the light emitting diode component substrate 22 which consists of much light emitting diode component chips

2 was explained, if a microlens 13 is formed after the light emitting diode component chip 2 of a simple substance like the above-mentioned approach, a light emitting diode 1 like drawing 1 is producible. Or if this is cut every light emitting diode component chip 2 after producing many light emitting diode arrays 21, as it was shown in drawing 5, many light emitting diodes 1 like drawing 1 can be taken at once, and can be carried out.

[0033] Moreover, drawing 7 (a), (b), (c), and (d) are the sectional views showing the another production approach of a microlens 13. This example is the approach of producing a microlens 13 by making into original recording the light emitting diode array 21 which it carried out [array] like drawing 5 (a) – (e), and had the microlens 13 produced. That is, it is the original recording 31 21, i.e., the light emitting diode array which it carried out [array] like drawing 5 (a) – (e), and had the microlens 13 produced, which is shown in drawing 7 (a). The La Stampa ingredient is made to deposit on this original recording 31, original recording 31 is removed after [drawing 7 (b)] in which the La Stampa ingredient hardened and La Stampa 32 was formed, and La Stampa 32 which has the crevice 33 equipped with the microlens 13 and the reversal configuration of a buffer layer 14 is obtained. Subsequently, the light emitting diode component substrate 22 of each other is positioned in piles to La Stampa 32, and after pouring in the resin ingredient 34 for microlenses into the crevice 33 of La Stampa 32 and stiffening the resin ingredient 34 for the [drawing 7 (c)] microlenses, La Stampa 32 is removed. This reproduces a buffer layer 14 and a microlens 13 with the resin ingredient 34 for La Stampa on the light emitting diode component substrate 22, as shown in drawing 7 (d).

[0034] According to this approach, since a microlens 13 and a buffer layer 14 can be manufactured at once, production of microlens 13 grade can be made easy. In addition, even if it reproduces only a microlens 13 by this approach, it does not interfere.

[0035] The structure of the joint unit 41 of the light emitting diode by this invention and an optical fiber is shown in drawing 8. In this joint unit 41, light emitting diode 44 is mounted on the stem 43 which has lead 42, the cap 47 on which the glass plate 46 was inserted in the cylindrical member 45 was put on the stem 43, and light emitting diode 44 is enclosed. Furthermore, the end face of an optical fiber 49 is made to approach light emitting diode 44, and is made to counter by making the edge of an optical fiber 49 insert in the member 48 for connection which carried out fitting to the cap 47. Here, the optical path corresponding to the thickness of a buffer layer 14 is constituted so that the numerical aperture of d and an optical fiber may be set to $[d/(2L)] \geq NA$ in them, when setting L and the diameter of opening of a microlens 13 to NA.

[0036] However, if it is in such a joint unit 41, since the bonding wire 50 for supplying a current to a light emitting diode 44 must be escaped and a glass plate 46 must be arranged, between the front face of a light emitting diode 44, and the end face of an optical fiber 49, about at least 0.2mm space 51 and the glass plate 46 with a thickness of about 0.5mm are needed between a light emitting diode 44 and an optical fiber 49. Although a numerical aperture NA is large, it becomes impossible consequently, to combine only the beam of light of whenever [smaller than include angle ($\sin^{-1}(NA)$) corresponding to numerical aperture NA of optical fiber 49 angle-of-incidence] with an optical fiber 49 for the optical fiber 49 with a small core diameter, as shown in drawing 9. Since the directivity of the light emitted from the light emitting diode component is a lambert form when the light emitting diode component of the conventional example is used, the joint effectiveness of an optical fiber becomes the value about $\sin^2\theta$. For example, when the light emitting diode component of 30 micrometers of diameters of luminescence, and the core diameter of 0.125mm and the optical fiber of numerical-aperture NA=0.5 are used, it becomes $\theta = 6.9$ degrees of chance [of corresponding to a numerical aperture NA]. angles, and the joint effectiveness η becomes 1.4%. On the other hand, if the above-mentioned joint unit 41 is used, since the directivity of the light emitted from light emitting diode 44 is sharp, optical big power can be combined with the optical fiber 49 with a small core diameter. For example, when the microlens 13 with a diameter of 70 micrometers is similarly formed in the light emitting diode 44 of 30 micrometers of diameters of luminescence, joint effectiveness exceeds 5% and its joint effectiveness η improves sharply.

[0037] Next, the structure of the joint unit 61 of the light emitting diode by this invention and an optical fiber is shown in drawing 10. This attaches the aspheric surface biconvex lens 63 in the aperture 62 of the cap 47 put on the stem 43, and inserts the aspheric surface biconvex lens 63 between a light emitting diode 44 and the end face

of an optical fiber 49. If it is in this joint unit 61, the greatest joint effectiveness η_{ta} can be acquired by considering as the lens system using the aspheric surface biconvex lens 63 with an magnifying power equal to the core diameter/diameter of a microlens of an optical fiber 49. For example, when the light emitting diode 44 of 30 micrometers of diameters of luminescence, the microlens 13 with a diameter of 70 micrometers, the core diameter of 0.125mm, and the optical fiber 49 of numerical-aperture $NA=0.5$ are used, the joint effectiveness η_{ta} exceeds 50%.

[0038] Drawing 11 shows the structure of optical fiber type photoelectrical detection equipment 71 where the above joint units 72 were used. In the body 73 of photoelectrical detection equipment, the photo detector 74 is dedicated with the joint unit 72 which built in the light emitting diode 44 as shown in drawing 8 or drawing 10, and the end face of the optical fiber 75 connected to the end face and photo detector 74 of the optical fiber 49 led from the joint unit 72 is made to counter mutually. If a deer is carried out and a light emitting diode 44 is made to emit light by the control circuit 76, outgoing radiation of the light by which outgoing radiation was carried out from the light emitting diode 44 will be carried out from the end face of the optical fiber 49 concerned through an optical fiber 49, incidence will be carried out to the end face of the optical fiber 75 of another side, and incidence of the light which spread the inside of the optical fiber 75 concerned will be carried out to a photo detector 74. Since a photo detector 74 stops receiving light at this time when between both the optical fibers 49 and 75 is interrupted, existence of a shelter is detected. If the above joint units 72 are used in such optical fiber type photoelectrical detection equipment 71, since outgoing radiation of the light beam with optical big reinforcement can be carried out from an optical fiber 49, detection sensitivity improves.

[0039] Drawing 12 is the sectional view showing the joint unit 81 of light emitting diode and a lens by this invention. If it is in this joint unit 81, a lens 82 like a plano-convex lens is fixed to the edge of the member 48 for connection by which fitting was carried out to the cap 47. Here, the optical path corresponding to the thickness of a buffer layer 14 is constituted so that the numerical aperture of d and a lens may be set to $[d/(2L)] \geq NA$ in them, when setting L and the diameter of opening of a microlens 13 to NA . In the joint unit 81 of such structure, since the directivity of the light emitted from the light emitting diode component is a lambert form when the conventional light emitting diode component is used as light emitting diode, the ratio of the light combined with a lens is set to $\sin 2\theta = (NA)^2$, for example, when the include angle concerned is $\theta = 30$ degrees, the joint effectiveness η_{ta} becomes 25%. On the other hand, when the light emitting diode 44 by this invention is used in such a joint unit 81 and the light emitting diode component chip of 30 micrometers of diameters of luminescence and the microlens 13 with a diameter of 70 micrometers are used, the joint effectiveness η_{ta} exceeds 40% and improvement in large joint effectiveness is found.

[0040] As mentioned above, if the lens-on chip mold light emitting diode by this invention is used for association with an optical fiber, or association with a lens, the detectability ability of the photoelectrical detection equipment which used them to be able to raise joint effectiveness is also sharply improvable. In addition, in each above-mentioned example, although the case where the light emitting diode component chip 2 was used as a light emitting device chip was explained, of course, a semiconductor laser component chip may be used.

[0041]

[Effect of the Invention] Even when microlenses other than a ball lens (the shape of for example, a semi-sphere) are used since the microlens is prepared on the buffer layer on an optical outgoing radiation aperture if it is in the lens-on-chip-mold-luminescence equipment of this invention, the principal plane and the point emitting light of a microlens can fully be detached with the thickness of a buffer layer, and the optical intensity distribution of the light by which outgoing radiation is carried out can be effectively narrowed by the microlens. Therefore, when making it combine with a joint lens, an optical fiber, etc., high joint effectiveness can be acquired.

[0042] Moreover, since high joint effectiveness can be acquired even if it does not use a ball lens, high precision positioning of a microlens, high precision adhesion, etc. are required, it is lost, and the production process of a microlens can be simplified. Furthermore, since highly precise polish processing is unnecessary like a ball lens, component expense of a microlens can be made cheap.

[0043] Moreover, the manufacture approach of the lens-on chip mold luminescence equipment of this invention

Form a buffer layer on an optical outgoing radiation aperture, and a lens base material is arranged in the location corresponding to said optical outgoing radiation aperture on this buffer layer. Since a lens base material front face is made into a convex, said lens base material front face stiffens a lens base material in the state of a convex by carrying out melting of this lens base material and the microlens is formed in the location corresponding to said optical outgoing radiation aperture. A microlens can be produced using the manufacture process of a light emitting device chip, and a microlens can be produced comparatively easily. Moreover, since a microlens can be formed using the manufacture process of a light emitting device chip as it is, new plant-and-equipment investment is also unnecessary, and can make facility cost cheap. Moreover, since the resist agent for, for example, semi-conductor production can be used as the quality of the material of a microlens, ingredient cost also becomes cheap. [0044] Moreover, if La Stampa of a microlens is produced by making into original recording the lens-on-chip mold luminescence equipment manufactured as mentioned above, back La Stampa which pours in and stiffened melting resin in this La Stampa is removed and many microlenses are produced on a semi-conductor light emitting device substrate, a microlens can be reproduced very easily and the mass-production nature of luminescence equipment equipped with the microlens can be raised.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. *** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view showing the lens-on-chip mold light emitting diode by one example of this invention.

[Drawing 2] It is an explanatory view for explaining an optical operation same as the above.

[Drawing 3] It is drawing showing the relation of the diameter of opening of a microlens and joint effectiveness ratio in an example same as the above.

[Drawing 4] It is the sectional view showing the lens-on-chip mold light emitting diode array by another example of this invention.

[Drawing 5] (a), (b), (c), (d), and (e) are the sectional views showing the production approach of a microlens same as the above.

[Drawing 6] It is the perspective view showing the microlens group produced by the approach same as the above.

[Drawing 7] (a), (b), (c), and (d) are the sectional views showing the another production approach of a microlens.

[Drawing 8] It is the sectional view showing the joint unit of the light emitting diode and optical fiber by this invention.

[Drawing 9] It is an operation explanatory view same as the above.

[Drawing 10] It is the sectional view showing another example of the joint unit of the light emitting diode and optical fiber by this invention.

[Drawing 11] It is the schematic diagram showing the structure of optical fiber type photoelectrical detection

equipment.

[Drawing 12] It is the sectional view showing the joint unit of the light emitting diode and the lens by this invention.

[Drawing 13] It is the sectional view showing the structure of the conventional point light source mold light emitting diode component.

[Drawing 14] It is the sectional view showing the structure of another conventional point light source mold light emitting diode component.

[Drawing 15] It is the arrangement explanatory view of the point light source mold light emitting diode component for explaining joint effectiveness, and a joint lens.

[Drawing 16] It is drawing for searching for the joint effectiveness of a point light source mold light emitting diode component and a joint lens.

[Drawing 17] It is drawing showing the relation between the numerical aperture of a joint lens, and joint effectiveness.

[Drawing 18] It is the sectional view showing the conventional point light source mold light emitting diode equipped with the microlens.

[Drawing 19] It is an operation explanatory view same as the above.

[Drawing 20] It is the sectional view showing another conventional point light source mold light emitting diode equipped with the microlens.

[Description of Notations]

2 Light Emitting Diode Component Chip

3 Optical Outgoing Radiation Aperture

13 Microlens

14 Buffer Layer

15 Joint Lens

24 Lens Base Material

32 La Stampa

[Translation done.]

Steve Sper

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-151972

(43)公開日 平成6年(1994)5月31日

(51)Int.Cl.

H 01 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

M 7376-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5(全 10 頁)

(21)出願番号 特願平4-324870

(71)出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(22)出願日 平成4年(1992)11月9日

(72)発明者 青山 茂

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内

(72)発明者 中村 新

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内

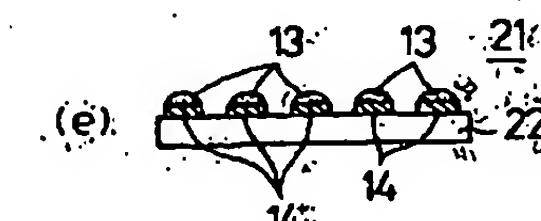
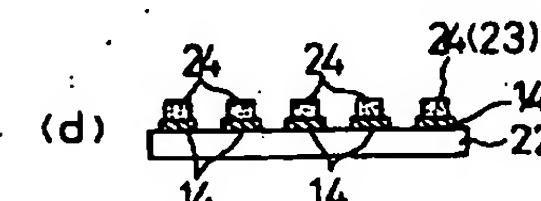
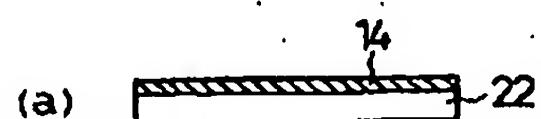
(74)代理人 弁理士 中野 雅房

(54)【発明の名称】 レンズ・オン・チップ型発光装置及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 微小レンズを装荷した点光源型発光ダイオード等の半導体発光素子において、その主平面を光出射窓から光軸方向に遠ざけることにより光学系の結合効率を向上させる。

【構成】 光出射窓3を有する発光ダイオード素子チップ2の光出射窓3の上にバッファ層14を設け、フォトリソグラフィ技術により該バッファ層の上の光出射窓3に対応する位置にレンズ母材24を形成した後、レンズ母材24をベークすることによって半球状に溶融させ、そのままレンズ母材24を硬化させバッファ層14の上に半球状の微小レンズ13を設ける。



20/21
19/

13
14

BEST AVAILABLE COPY

(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】光出射窓を有する微小領域発光型の半導体発光素子チップの少なくとも光出射窓上にバッファ層を形成し、該バッファ層の上方の前記光出射窓に対応する位置に微小レンズを形成したことを特徴とするレンズ・オン・チップ型発光装置。

【請求項2】前記微小レンズは、前記バッファ層上に付与されたレンズ母材を溶融及び硬化させることによって表面を凸面状に形成されたものであることを特徴とする請求項1に記載のレンズ・オン・チップ型発光装置。

【請求項3】光出射窓を有する微小領域発光型の半導体発光素子チップの少なくとも光出射窓上にバッファ層を形成し、

該バッファ層上の前記光出射窓に対応する位置にレンズ母材を配置し、

該レンズ母材を溶融させることによりレンズ母材表面を凸面とし、前記レンズ母材表面が凸面の状態でレンズ母材を硬化させて前記光出射窓に対応する位置に微小レンズを形成することを特徴とするレンズ・オン・チップ型発光装置の製造方法。

【請求項4】光出射窓を有する微小領域発光型の半導体発光素子チップが多数形成されている半導体発光素子基板の少なくとも各光出射窓上にバッファ層を形成し、該バッファ層上の前記各光出射窓に対応する位置にレンズ母材を配置し、

該レンズ母材を溶融させることによりレンズ母材表面を凸面とし、前記レンズ母材表面が凸面の状態でレンズ母材を硬化させて前記各光出射窓に対応する位置に微小レンズを形成することを特徴とするレンズ・オン・チップ型発光装置の製造方法。

【請求項5】請求項4に記載のレンズ・オン・チップ型発光装置を用いて微小レンズのスタンパを作製し、該スタンパ内に溶融樹脂を注入し、該溶融樹脂が注入されたスタンパと、光出射窓を有する微小領域発光型の半導体発光素子チップが多数形成されている半導体発光素子基板とを位置合せし、前記溶融樹脂を硬化させた後、スタンパを除去することによって半導体発光素子基板の上に多数の微小レンズを作製することを特徴とするレンズ・オン・チップ型発光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はレンズ・オン・チップ型発光装置及びその製造方法に関する。具体的にいと、本発明は微小領域発光型の半導体発光素子（特に、発光ダイオード）チップの光出射窓上に微小レンズを形成されたレンズ・オン・チップ型発光装置とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術とその問題点】図13及び図14に従来の点光源型発光ダイオード（LED）素子の構造を示す。

図13の点光源型発光ダイオード素子101は、0.6 μ m帯波長の可視光発光ダイオード素子であって、n-GaAs基板102の上にn-GaAs_{1-x}P_x層103、n-GaAs_{0.6}P_{0.4}層104及びSiO₂膜105を積層し、SiO₂膜105の開口106からn-GaAs_{0.6}P_{0.4}層104内に向けてp拡散領域107を形成し、SiO₂膜105の上にp側電極108を設け、n-GaAs基板102の下にn側電極109を設けたものである。しかし、p側電極108及びn側電極109間に電圧を印加すると、p拡散領域107を通ってp側電極108からp拡散領域107の底の発光領域110にホールが注入され、発光領域110で発光した光はSiO₂膜105及びp側電極108の光出射窓111を通って外部へ出射される。

【0003】また、図14の点光源型発光ダイオード素子121は、Burrus型の発光ダイオード素子であって、n-GaAs基板122の下面に順次n-Al_{0.3}Ga_{0.7}As層123、p-Al_{0.05}Ga_{0.95}As活性層124、p-Al_{0.3}Ga_{0.7}As層125、n-Al_{0.15}Ga_{0.85}As層126及びSiO₂膜127を積層し、SiO₂膜127の開口128からp-Al_{0.3}Ga_{0.7}As層125までp拡散領域129を形成し、SiO₂膜127の下に全面にわたってp側電極130を設け、p拡散領域129と対向する位置にてn-GaAs基板122にエッティング穴131を開口し、n-GaAs基板122の上面にn側電極132を設けている。しかし、p側電極130とn側電極132の間に電圧を印加すると、p拡散領域129を通ってp側電極130から活性層124へホールが注入され、活性層124の当該領域で発光した光はn-GaAs基板122のエッティング穴131から外部へ出射される。

【0004】このような点光源型発光ダイオード素子101、121は、結像面での微小な集光スポットを容易に得られ、また空間での平行光束を比較的容易に得られるといった特徴を持っているため、ポインタ（光指示器）、レーザビームプリンタ、バーコードリーダ等の光入出力装置の光源、あるいは、フォトマイクロセンサ、光学式エンコーダや距離センサ等の光電検出装置の光源として用いられている。点光源型発光ダイオード素子は、これらの光学装置に現実に用いられている一方、これらの光学装置の読み取り精度、検出距離の長距離化等の性能向上の要求に伴い、これらの要求に沿うように一層の光利用効率の向上が望まれている。

【0005】しかしながら、点光源型発光ダイオード素子においては、出射光の光強度分布がランパート形をしているため、例えば結合素子としてレンズを用いている場合、結合レンズの開口寸法と発光位置とで定義される見込み角のみで決まる光パワーしか原理的に利用することができない。同様に、光ファイバと結合させる場合では、光ファイバの開口数NAで利用可能な光パワーが制

(3)

3

限される。

【0006】図15は上記のような点光源型発光ダイオード素子141と結合レンズ142の結合効率に関する原理を示す説明図であって、光学系としてフォトマイクロセンサの投光部を想定してあり、結合レンズ142と点光源型発光ダイオード素子141とは出射光がコリメート光となるような配置となっている。このような配置では、結合レンズ142は、その焦点位置が点光源型発光ダイオード素子141の光出射窓（発光面）143に一致するように配置されているため、点光源型発光ダイオード素子141の発光位置から結合レンズ142へ出射される光束144の見込み角 θ は、結合レンズ142の開口数NA [$=\sin\theta=\sqrt{(R^2+f^2)/f}$; Rは結合レンズの開口寸法の1/2（入射瞳の半径）、fは結合レンズの焦点距離] に対応する角度 [$=\sin^{-1}(NA)$] となる。このときの結合効率 η （=取込みパワー/出射パワー）は、後述のように、

$$\eta = NA^2 = \sin^2\theta \quad \dots \text{①}$$

となる。なお、145は光学系の光軸である。

【0007】図16は上記①式の説明図であって、Aはランバート形の光強度分布を有する発光点、x, y, z軸は当該発光点Aを原点とする直交座標系であって、発光点Aからの光出射方向（光軸方向）にz軸を定めている。また、原点を通る球面146がランバート形の光強度分布を示し、原点から球面146上の点に引いた線分（例えば、AC）の長さがその点（例えば、点C）の光強度分布を表わしているから、図16に示すようにz軸から ϕ だけ傾いた点における光強度を $I(\phi)$ とし、光軸（z軸）上における光強度（最大光強度=AB）を I_{max} とすると、これらの間には、

$$I(\phi) = I_{max} \cdot \cos\phi \quad \dots \text{②}$$

の関係がある。また、球面146上におけるz軸から ϕ だけ傾いた方向にある幅 $d\phi$ の帯状輪帯を通る光パワー ΔP は、

$$\Delta P = 2\pi \cdot I_{max} \cdot \sin\phi \cdot \cos\phi \cdot d\phi$$

$$= \pi I_{max} \cdot \sin 2\phi \cdot d\phi \quad \dots \text{③}$$

であるから、見込み角 θ [$=\sin^{-1}(NA)$] 内に放射される光パワーPは、次の④式のようになる。

【0008】

【数1】

$$P = \int_0^\theta \Delta P = \pi I_{max} \int_0^\theta I \cdot \sin 2\phi \cdot d\phi$$

$$= 2\pi I_{max} \cdot \sin^2\theta \quad \dots \text{④}$$

【0009】ここで、全放射光パワーは、 $2\pi I_{max}$ であるから、④式を全放射光パワーで規格化すると、見込み角 θ 内に放射される光パワー比、すなわち結合効率 η は、

$$\eta = \sin^2\theta \quad \dots \text{⑤}$$

となり、前記①式が得られる。

【0010】図17に示すものは、①式で表わされる結合レンズの開口数NAに対する結合効率 η の計算結果をグラフに表わしたものである。一般に用いられる結合レンズの開口数NAの最大値は約0.5であるから、結合効率 η は最大でも25%程度しか望めず、高い結合効率が得られない。

【0011】しかし、光学系の結合効率を向上させるためには、発光ダイオード素子からの出射パワーを低下させることなく、発光ダイオード素子の出射光強度分布の広がりを狭くさせねばよい。このような方法を実現する手段としては、発光ダイオード素子の上に微小レンズを装荷させる構造が考えられる。

【0012】図18は微小レンズ152を装荷された従来の点光源型発光ダイオード151の構造を示す断面図であって、発光ダイオード素子101の光出射窓111の上に半球状をした微小レンズ152が装荷されている。しかしながら、このような構造の発光ダイオード151においては、微小レンズ152を装荷されてはいるものの、図19に示すように微小レンズ152の主平面（幾何光学で考えた場合の光線の屈折面）近傍に光出射窓111が配置されているため、光出射窓111から出る光線153は主平面を通過することなく出射される。この結果、装荷した微小レンズ152は図19に示しているように屈折機能を持たず、出射光強度分布は微小レンズ152を装荷しない場合とほぼ同様である。従って、このような構造の点光源型発光ダイオード151では、微小レンズ152を装荷されていても結合レンズとの結合効率の向上は期待することができない。

【0013】図20は微小レンズ157を装荷された別な従来の点光源型発光ダイオード156の構造を示す断面図である。この点光源型発光ダイオード156にあつては、発光ダイオード素子121の基板122に開口されたエッチング穴131内に球状の微小レンズ（ガラス球レンズ）157を納め、エポキシ樹脂158によって微小レンズ157を基板122に固定している。このような構造の点光源型発光ダイオード156においては、微小レンズ157の主平面が光出射部（発光部）から十分に離れた距離に配置されることになるので、出射光強度分布を比較的有効に狭めることができる。しかしながら、このような発光ダイオード156においては、(1)微小レンズの高精度位置決め、高精度接着などが要求されるため、これらの工程の繁雑化によりサイクルタイムが低下すること、(2)従来の点光源型発光ダイオード素子を作製するための装置以外に新規設備投資が必要になること、(3)微小レンズの材質として合成石英ガラスが主に用いられており、有効なレンズ機能を持たせるためには微小球面に対して高精度研磨加工が必要となり、微小レンズの構成材料費が非常に高価になること、等の理由により従来の微小レンズを装荷されていない発光ダイ

(4)

5

オード素子と比較して数倍のコスト高になるという問題があった。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、微小レンズを装荷した点光源型発光ダイオード等の半導体発光素子において、発光ダイオード作製プロセスを用いて微小レンズを半導体発光素子チップの光出射窓の上に形成し、かつ、その主平面を光出射窓から光軸方向に遠ざけることにより、半導体発光装置を含む光学系の結合効率を向上させることにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明のレンズ・オン・チップ型発光装置は、光出射窓を有する微小領域発光型の半導体発光素子チップの少なくとも光出射窓上にバッファ層を形成し、該バッファ層の上方の前記光出射窓に対応する位置に微小レンズを形成したことを特徴としている。

【0016】また、上記レンズ・オン・チップ型発光装置においては、前記バッファ層上に付与されたレンズ母材を溶融及び硬化させて表面を凸面状にすることによって微小レンズを形成したものであってもよい。

【0017】本発明のレンズ・オン・チップ型発光装置の製造方法は、光出射窓を有する微小領域発光型の半導体発光素子チップの少なくとも光出射窓上にバッファ層を形成し、該バッファ層上の前記光出射窓に対応する位置にレンズ母材を配置し、該レンズ母材を溶融させることによりレンズ母材表面を凸面とし、前記レンズ母材表面が凸面の状態でレンズ母材を硬化させて前記光出射窓に対応する位置に微小レンズを形成することを特徴としている。

【0018】また、本発明の別なレンズ・オン・チップ型発光装置の製造方法は、光出射窓を有する微小領域発光型の半導体発光素子チップが多数形成されている半導体発光素子基板の少なくとも各光出射窓上にバッファ層を形成し、該バッファ層上の前記各光出射窓に対応する位置にレンズ母材を配置し、該レンズ母材を溶融させることによりレンズ母材表面を凸面とし、前記レンズ母材表面が凸面の状態でレンズ母材を硬化させて前記各光出射窓に対応する位置に微小レンズを形成することを特徴としている。

【0019】また、本発明のさらに別なレンズ・オン・チップ型発光装置の製造方法は、上記のようにして製造されたレンズ・オン・チップ型発光装置を用いて微小レンズのスタンパを作製し、該スタンパ内に溶融樹脂を注入し、該溶融樹脂が注入されたスタンパと、光出射窓を有する微小領域発光型の半導体発光素子チップが多数形成されている半導体発光素子基板とを位置合せし、前記溶融樹脂を硬化させた後、スタンパを除去することによって半導体発光素子基板の上に多数の微小レンズを作製

6

することを特徴としている。

【0020】

【作用】本発明のレンズ・オン・チップ型発光装置にあっては、光出射窓上に形成されたバッファ層の上に微小レンズを設けているから、球レンズ以外の例え半球状の微小レンズを用いた場合でも、バッファ層の厚みによって微小レンズの主平面と発光点とを十分に離すことができ、出射される光の光強度分布を微小レンズによって有効に狭めることができる。従って、結合レンズや光ファイバ等と結合させる場合には、高い結合効率を得ることができる。

【0021】また、球レンズを使用しなくても高い結合効率を得ることができるので、微小レンズの高精度位置決め、高精度接着などを要求され無くなり、微小レンズの作製プロセスを簡略化することができる。さらに、球レンズのように高精度な研磨加工が必要ないので、微小レンズの構成材料費を安価にすることができる。

【0022】また、本発明のレンズ・オン・チップ型発光装置の製造方法は、光出射窓上にバッファ層を形成し、該バッファ層上の前記光出射窓に対応する位置にレンズ母材を配置し、該レンズ母材を溶融させることによりレンズ母材表面を凸面とし、前記レンズ母材表面が凸面の状態でレンズ母材を硬化させて前記光出射窓に対応する位置に微小レンズを形成しているので、発光素子チップの製造プロセスを利用して微小レンズを作製することができ、比較的容易に微小レンズを作製することができる。また、発光素子チップの製造プロセスをそのまま利用して微小レンズを形成することができるため、新たな設備投資も必要なく、設備コストを安価にできる。また、微小レンズの材質として例えば半導体作製用のレジスト剤を用いることができるため、材料コストも安価になる。

【0023】また、上記のようにして製造されたレンズ・オン・チップ型発光装置を原盤として微小レンズのスタンパを作製し、該スタンパ内に溶融樹脂を注入・硬化させた後スタンパを除去して半導体発光素子基板の上に多数の微小レンズを作製すれば、極めて簡単に微小レンズを複製することができ、微小レンズを備えた発光装置の量産性を向上させることができる。

【0024】

【実施例】本発明の一実施例によるレンズ・オン・チップ型の発光ダイオード1の断面図を図1に示す。2は点光源型(微小領域発光型)の発光ダイオード素子チップであって、上面に光出射窓3が開口されており、光出射窓3の下方に発光領域4が形成されている。例えば、この発光ダイオード素子チップ2は、n-GaAs基板5の上にn-GaAs_{1-x}P_x層6、n-GaAs_{0.6}P_{0.4}層7及びSiO₂膜8を積層し、SiO₂膜8の開口9からn-GaAs_{0.6}P_{0.4}層7内に向けてp拡散領域10を形成して電流狭絞構造とし、SiO₂膜8の上にp側

(5)

7

電極11を設け、n-GaAs基板5の下にn側電極12を設けてたものであって、p側電極11及びn側電極12間に電圧を印加すると、p拡散領域10を通ってp側電極11からp拡散領域10の底の発光領域4にホールが注入され、発光領域4で発光した光はSiO₂膜8の開口9及びp側電極11の光出射窓3を通って外部へ出射される。さらに、発光ダイオード素子チップ2の光出射窓3を含む領域の上面には微小レンズ13とほぼ等しい屈折率を有する透明なバッファ層14が形成されており、バッファ層14の上に微小レンズ13が設けられている。ここで、微小レンズ13の開口径Dは微小レンズ13の表面の曲率半径rの2倍としてあり、微小レンズ13は半球形状をしている。

【0025】上記発光ダイオード1においては、発光ダイオード素子チップ2に装荷された微小レンズ13の主平面は、バッファ層14の存在によって光出射窓3から十分離れた位置に配置されているので、光出射窓3から出射した光は主平面を通過することで微小レンズ13の屈折作用を受けることになる。このとき発光ダイオード素子チップ2に装荷する微小レンズ13とバッファ層14の構成を適当に設計することにより、微小レンズ13を装荷しない場合と比較して、出射光強度分布を狭くでき、その結果、以下に述べるように結合レンズとの結合効率ηを向上させることができる。

【0026】図2は上記発光ダイオード1と結合レンズ15との結合効率を説明するための図であって、光軸16に沿って光出射窓3、バッファ層14、微小レンズ13及び結合レンズ15が配置されており、次の(a)～(c)の条件が仮定されている。

(a)結像レンズからの出射光17がコリメート光となるよう、発光ダイオード1と結合レンズ15が配置されていること、(b)微小レンズ13の最外周縁を通過した出射光17は結合レンズ15の最外周縁を通過すること、(c)光出射窓3は点とみなせること、(d)微小レンズ13の開口径dは微小レンズ13の表面の曲率半径の2倍であって、微小レンズ13が半球状をしていること、(e)バッファ層14と微小レンズ13の屈折率が等しいこと。

【0027】図2においては、光出射窓3から出射して微小レンズ13の最外周縁を通る出射光17が光軸16となす角度をα、微小レンズ13の最外周縁を通過して結合レンズ15の最外周縁へ向かう出射光17が光軸16となす角度をβとし、バッファ層14及び微小レンズ13の屈折率がいずれもnであるとすると、微小レンズ13の球面においてスネルの法則を適用することにより

$$n \cdot \sin(\pi/2 - \alpha) = \sin(\pi/2 - \beta)$$

つまり、

$$n \cdot \cos(\alpha) = \cos(\beta) \quad \cdots ⑥$$

が成立つ。ここで、光出射窓3から出射される光パワーのうち、結合レンズ15に取込まれる光パワーの比、つ

8

まり結合効率ηは、図2から明らかなように、

$$\eta = \sin^2(\alpha) \quad \cdots ⑦$$

となる。また、仮定条件より結合レンズ15の開口数NAはsin(β)と等しいことから、微小レンズ13を具備しない場合の結合効率η₀は、

$$\eta_0 = \sin^2(\beta) \quad \cdots ⑧$$

となる。従って、結合効率比mは、⑥～⑧式より、

$$m = \eta / \eta_0 = \sin^2(\alpha) / \sin^2(\beta) \\ = \sin^2(\alpha) / [1 - n^2 \cdot \cos^2(\alpha)] \quad \cdots ⑨$$

となる。例えば、結合レンズ15の開口数NAを0.5とすれば、

$$\sin(\beta) = NA = 0.5$$

よりβ=30°であるから、屈折率n=1.5とすると、α=54.73°となり、⑨式より結合効率比m=2.7が得られる。すなわち、結合効率が2.7倍となる。

【0028】また、図3に示すものは、光出射窓3の開口径が有限であるとし、バッファ層14の厚みwを変えた場合の微小レンズ13の開口径dと結合効率比mとの関係(計算結果)を示す図である。ここでも、上記条件(a)～(e)を仮定すると共に光出射窓3の開口径を20μmとし、微小レンズ13の屈折率をn=1.5とし、結合レンズ15の開口数NA=0.5、開口径D=5mmとしている。また、図3の曲線C1はバッファ層14の厚みが5μmの場合、曲線C2はバッファ層14の厚みが10μmの場合、曲線C3はバッファ層14の厚みが15μmの場合における微小レンズ13の開口径dと結合効率比mとの関係を示している。この計算結果によれば、バッファ層14の厚みが1.5μmの場合に最も顕著な効果を表わしている。

【0029】図4に示すものは本発明の別な実施例によるレンズ・オン・チップ型の発光ダイオード・アレイ21を示す断面図である。図1に示したものは単体の発光ダイオード素子チップ2の上に微小レンズ13を設けたものであるのに対し、この発光ダイオード・アレイ21においては、光出射窓3を有する点光源型発光ダイオード素子チップ2を多数形成された発光ダイオード素子基板22の各光出射窓3の上にバッファ層14を介して微小レンズ13を設けている。

【0030】図5(a)～(e)は上記発光ダイオード・アレイ21の製造方法の一実施例を示す断面図であって、発光ダイオード素子基板22(あるいは、発光ダイオードウエハ)の上に微小レンズ13を作製する工程を示している。この微小レンズ作製プロセスを図5に沿って説明すると、まず、光出射窓3を有する微小領域発光型の発光ダイオード素子チップ2が多数形成されている発光ダイオード素子基板22の上面全体に透明なフォトレジスト材料等によりバッファ層14を形成し(図5(a))、当該バッファ層14をフォトマスク用いてバーニングし、各光出射窓3

(6)

9

3上にバッファ層14を配置する〔図5 (b)〕。なお、このフォトリソグラフィー技術は、発光ダイオードの製造プロセスに用いられているものをそのまま用いることができる。ついで、バッファ層14の上から発光ダイオード素子基板22の全面に微小レンズ用材料23

(例えば、透明な半導体作製用レジスト剤など)をコーティングし〔図5 (c)〕、微小レンズ用材料23をフォトリソグラフィ技術を用いてパターニングし、バッファ層14の上の光出射窓3に対応する位置に微小レンズ用材料23からなるレンズ母材24を配置する〔図5 (d)〕。ついで、バッファ層14の上のレンズ母材24をベークしてレンズ母材24を溶融させると、溶融したレンズ母材24の表面が凸面となり、レンズ母材24表面が凸面の状態を保ったままでレンズ母材24を硬化させ、各光出射窓3に対応する位置に半球状の微小レンズ13を形成する〔図5 (e)〕。このとき、バッファ層14の材質とレンズ母材24の材質とは異なっており、バッファ層14の材質の融点がレンズ母材24の材質の融点よりも高くなるように材質を選択されているので、バッファ層14は溶融することなく、レンズ母材24だけが溶融する。図6はこのようにして作製された微小レンズ13を示す一部破断した斜視図(走査型電子顕微鏡[SEM]写真に基づいて描いたもの)である。

【0031】このようにして微小レンズ13を作製すれば、従来の発光ダイオードの製造プロセスを利用して微小レンズ13を作製することができるので、比較的容易に微小レンズ13を作製することができる。また、従来の発光ダイオードの製造プロセスをそのまま流用して微小レンズ13を形成することができるため、新たな設備投資も必要なく、設備コストを安価にできる。また、微小レンズ13の材質として例えば半導体作製用のレジスト剤を用いることができるため、材料コストも安価になる。

【0032】なお、上記実施例においては、多数の発光ダイオード素子チップ2からなる発光ダイオード素子基板22の上に多数の微小レンズ13を設ける場合について説明したが、上記方法と同様にして単体の発光ダイオード素子チップ2の上に微小レンズ13を形成すれば、図1のような発光ダイオード1を作製することができる。あるいは、図5に示したようにして多数の発光ダイオード・アレイ21を作製した後、これを各発光ダイオード素子チップ2毎にカットすれば、図1のような発光ダイオード1を一度に多数個取りすることができる。

【0033】また、図7 (a) (b) (c) (d) は微小レンズ13の別な作製方法を示す断面図である。この実施例は、図5 (a) ~ (e) のようにして微小レンズ13を作製された発光ダイオード・アレイ21を原盤として微小レンズ13を作製する方法である。すなわち、図7 (a) に示すものは原盤31、すなわち例えば図5 (a) ~ (e) のようにして微小レンズ13を作製され

10

た発光ダイオード・アレイ21である。この原盤31の上にスタンパ材料を堆積させ、スタンパ材料が硬化してスタンパ32が形成された〔図7 (b)〕後、原盤31を除去し、微小レンズ13及びバッファ層14の反転形状を備えた凹部33を有するスタンパ32を得る。ついで、スタンパ32に発光ダイオード素子基板22を重ねて互いに位置決めし、スタンパ32の凹部33内に微小レンズ用樹脂材料34を注入し〔図7 (c)〕、微小レンズ用樹脂材料34を硬化させた後、スタンパ32を除去する。これにより、図7 (d) に示すように、発光ダイオード素子基板22の上にスタンパ用樹脂材料34によってバッファ層14及び微小レンズ13を複製する。

【0034】この方法によれば、微小レンズ13とバッファ層14を一度に製作することができるので、微小レンズ13等の作製を容易にすることができます。なお、この方法によって微小レンズ13のみを複製するようにしても差し支えない。

【0035】図8に本発明による発光ダイオードと光ファイバの結合ユニット41の構造を示す。この結合ユニット41においては、リード42を有するシステム43の上に発光ダイオード44が実装されており、円筒状部材45にガラス板46をはめたキャップ47をシステム43に被せて発光ダイオード44を封入している。さらに、キャップ47に嵌合させた連結用部材48に光ファイバ49の端部を挿通させることにより光ファイバ49の端面を発光ダイオード44に近接させて対向させている。ここで、バッファ層14の厚みに対応する光学距離をL、微小レンズ13の開口径をd、光ファイバの開口数をNAとするとき、

【d / (2L)】 ≥ NA

となるように構成している。

【0036】しかし、このような結合ユニット41においては、発光ダイオード44と光ファイバ49の間に、発光ダイオード44に電流を供給するためのポンディングワイヤ50を逃げてガラス板46を配置しなければならないので、発光ダイオード44の表面と光ファイバ49の端面との間には最低0.2mm程度の空間51と、厚さ0.5mm程度のガラス板46が必要になる。その結果、図9に示すように、開口数NAは大きいがコア径の小さな光ファイバ49にとっては、光ファイバ49の開口数NAに対応した角度($\sin^{-1}(NA)$)よりも小さな入射角度の光線しか光ファイバ49に結合させることができなくなる。従来例の発光ダイオード素子を用いた場合には、発光ダイオード素子から発した光の指向性がランパート形であるので、光ファイバの結合効率はおよそ $\sin^2\theta$ という値になる。例えば、発光径30μmの発光ダイオード素子と、コア径0.125mm、開口数NA=0.5の光ファイバを用いた場合には、開口数NAに対応する見込み角 $\theta=6.9^\circ$ となり、結合効率ηは1.4%となる。一方、上記結合ユニット41を用い

(7)

11

れば、発光ダイオード44から発する光の指向性が鋭いので、大きな光パワーをコア径の小さな光ファイバ49に結合させることができる。例えば、同じく発光径30μmの発光ダイオード44に直径70μmの微小レンズ13を形成した場合には、結合効率は5%を越え、大幅に結合効率ηが向上する。

【0037】次に、本発明による発光ダイオードと光ファイバの結合ユニット61の構造を図10に示す。これは、ステム43に被せたキャップ47の窓62に非球面両凸レンズ63を取り付け、発光ダイオード44と光ファイバ49の端面との間に非球面両凸レンズ63を挿入したものである。この結合ユニット61にあっては、光ファイバ49のコア径/微小レンズ径と等しい拡大倍率を持った非球面両凸レンズ63を用いたレンズ系とすることにより、最大の結合効率ηを得ることができる。例えば、発光径30μmの発光ダイオード44と、直径70μmの微小レンズ13、コア径0.125mm、開口数NA=0.5の光ファイバ49を用いた場合、結合効率ηは50%を越える。

【0038】図11は上記のような結合ユニット72を用いた光ファイバ式光電検出装置71の構造を示す。光電検出装置本体73内には、例えば図8や図10に示したような発光ダイオード44を内蔵した結合ユニット72と、受光素子74が納められており、結合ユニット72から導かれた光ファイバ49の端面と受光素子74に接続された光ファイバ75の端面とが互いに対向させられている。しかし、制御回路76によって発光ダイオード44を発光させると、発光ダイオード44から出射された光は光ファイバ49を通って当該光ファイバ49の端面から出射し、他方の光ファイバ75の端面に入射し、当該光ファイバ75内を伝搬した光は受光素子74に入射する。このとき、両光ファイバ49、75間が遮られると受光素子74が受光しなくなるので、遮蔽物の存在が検出される。このような光ファイバ式光電検出装置71において上記のような結合ユニット72を用いれば、光ファイバ49から光強度の大きな光ビームを出射させることができるので、検出感度が向上する。

【0039】図12は本発明による発光ダイオードとレンズの結合ユニット81を示す断面図である。この結合ユニット81にあっては、キャップ47に嵌合された連結用部材48の端部に平凸レンズのようなレンズ82を固定している。ここで、バッファ層14の厚みに対応する光学距離をし、微小レンズ13の開口径をd、レンズの開口数をNAとするとき、

$$[d / (2L)] \geq NA$$

となるように構成している。このような構造の結合ユニット81において、発光ダイオードとして従来の発光ダイオード素子を用いた場合には、発光ダイオード素子から発した光の指向性がランパート形であるため、レンズに結合する光の比率は $\sin^2 \theta = (NA)^2$ となり、たと

12

えば当該角度がθ=30°のとき結合効率ηは25%となる。一方、このような結合ユニット81において、本発明による発光ダイオード44を用いた場合には、発光径30μmの発光ダイオード素子チップと、直径70μmの微小レンズ13を用いた場合には、結合効率ηは40%を越え、大幅な結合効率の向上が見られる。

【0040】上記のように、本発明によるレンズ・オン・チップ型発光ダイオードを光ファイバとの結合やレンズとの結合に使用すると、結合効率を高めることができ、さらに、それらを使用した光電検出装置の検出性能も大幅に改善することができる。なお、上記各実施例においては、発光素子チップとして発光ダイオード素子チップ2を用いた場合について説明したが、半導体レーザ素子チップを用いてもよいのはもちろんである。

【0041】

【発明の効果】本発明のレンズ・オン・チップ型発光装置にあっては、光出射窓上のバッファ層の上に微小レンズを設けているから、球レンズ以外の例えば半球状の微小レンズを用いた場合でも、バッファ層の厚みによって微小レンズの主平面と発光点とを十分に離すことができ、出射される光の光強度分布を微小レンズによって有効に狭めることができる。従って、結合レンズや光ファイバ等と結合させる場合には、高い結合効率を得ることができる。

【0042】また、球レンズを使用しなくても高い結合効率を得ることができるので、微小レンズの高精度位置決め、高精度接着などを要求され無くなり、微小レンズの作製プロセスを簡略化することができる。さらに、球レンズのように高精度な研磨加工が必要ないので、微小レンズの構成材料費を安価にすることができます。

【0043】また、本発明のレンズ・オン・チップ型発光装置の製造方法は、光出射窓上にバッファ層を形成し、該バッファ層上の前記光出射窓に対応する位置にレンズ母材を配置し、該レンズ母材を溶融させることによりレンズ母材表面を凸面とし、前記レンズ母材表面が凸面の状態でレンズ母材を硬化させて前記光出射窓に対応する位置に微小レンズを形成しているので、発光素子チップの製造プロセスを利用して微小レンズを作製することができ、比較的容易に微小レンズを作製することができる。また、発光素子チップの製造プロセスをそのまま利用して微小レンズを形成することができるため、新たな設備投資も必要なく、設備コストを安価にできる。また、微小レンズの材質として例えば半導体作製用のレジスト剤を用いることができるため、材料コストも安価になる。

【0044】まだ、上記のようにして製造されたレンズ・オン・チップ型発光装置を原盤として微小レンズのスタンパを作製し、該スタンパ内に溶融樹脂を注入・硬化させた後スタンパを除去して半導体発光素子基板の上に多数の微小レンズを作製すれば、極めて簡単に微小レン

20 + 21

(8)

13
ズを複製することができ、微小レンズを備えた発光装置の量産性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるレンズ・オン・チップ型発光ダイオードを示す断面図である。

【図2】同上の光学的作用を説明するための説明図である。

【図3】同上の実施例における微小レンズの開口径と結合効率比との関係を示す図である。

【図4】本発明の別な実施例によるレンズ・オン・チップ型発光ダイオード・アレイを示す断面図である。

【図5】(a) (b) (c) (d) (e) は同上の微小レンズの作製方法を示す断面図である。

【図6】同上の方法によって作製された微小レンズ群を示す斜視図である。

【図7】(a) (b) (c) (d) は微小レンズの別な作製方法を示す断面図である。

【図8】本発明による発光ダイオードと光ファイバとの結合ユニットを示す断面図である。

【図9】同上の作用説明図である。

【図10】本発明による発光ダイオードと光ファイバとの結合ユニットの別な実施例を示す断面図である。

【図11】光ファイバ式光電検出装置の構造を示す概略図である。

【図12】本発明による発光ダイオードとレンズとの結

14
合ユニットを示す断面図である。

【図13】従来の点光源型発光ダイオード素子の構造を示す断面図である。

【図14】従来の別な点光源型発光ダイオード素子の構造を示す断面図である。

【図15】結合効率を説明するための点光源型発光ダイオード素子と結合レンズの配置説明図である。

【図16】点光源型発光ダイオード素子と結合レンズの結合効率を求めるための図である。

【図17】結合レンズの開口数と結合効率との関係を示す図である。

【図18】微小レンズを備えた従来の点光源型発光ダイオードを示す断面図である。

【図19】同上の作用説明図である。

【図20】微小レンズを備えた別な従来の点光源型発光ダイオードを示す断面図である。

【符号の説明】

2 発光ダイオード素子チップ

3 光出射窓

13 微小レンズ

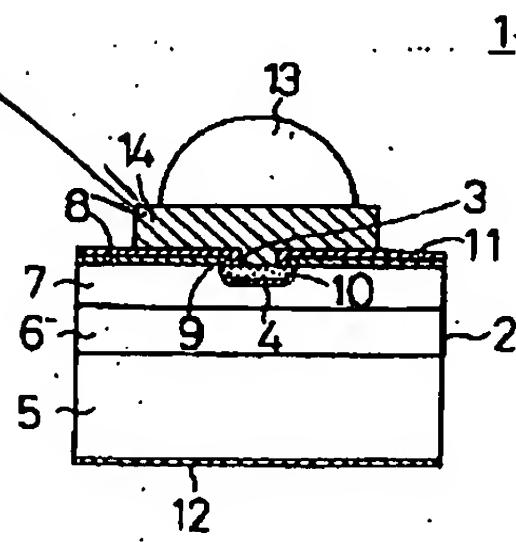
14 バッファ層

15 結合レンズ

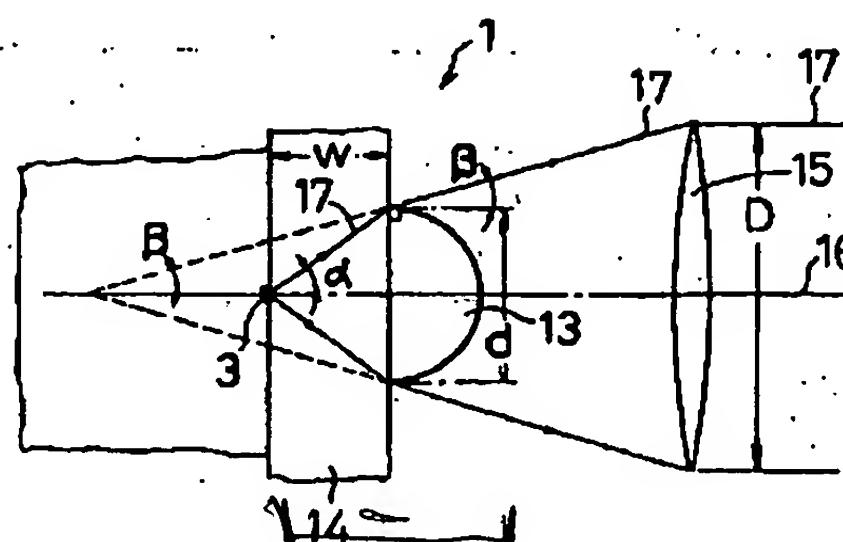
24 レンズ母材

32 スタンパ

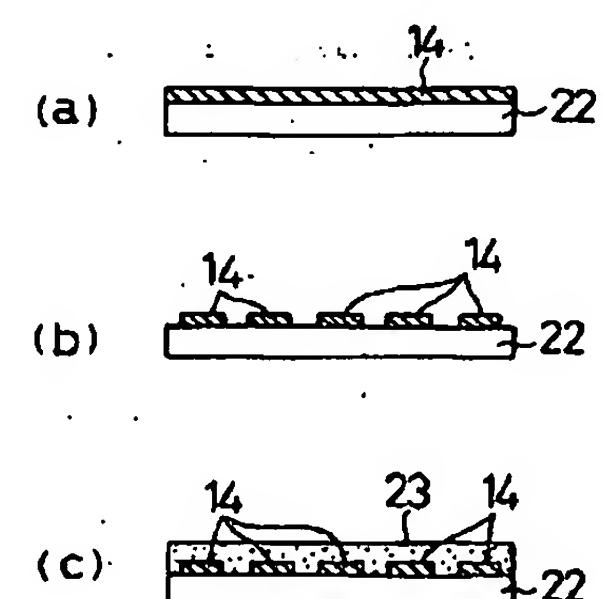
【図1】



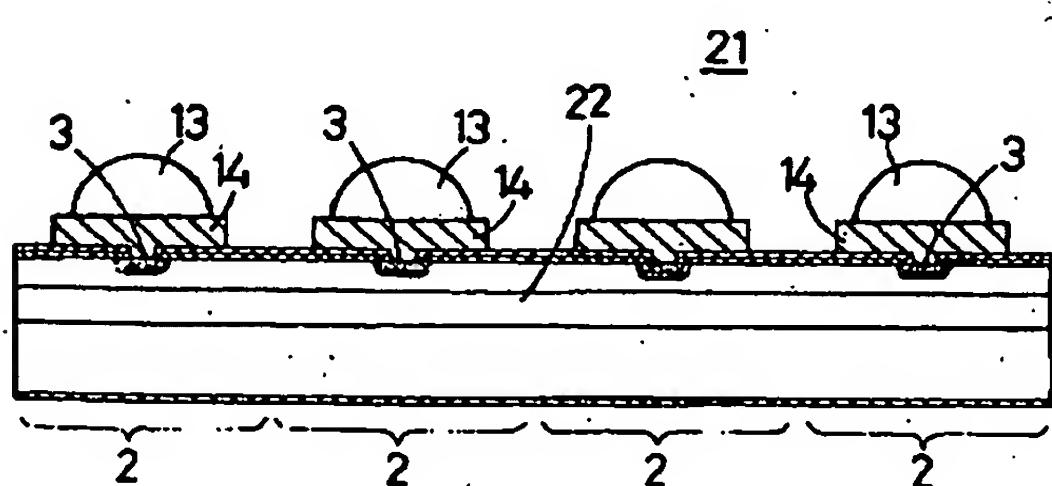
【図2】



【図5】

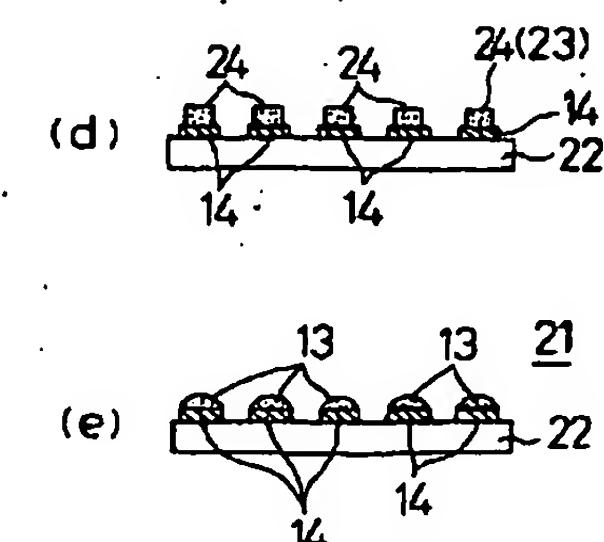


【図4】



11, 3

13



$$d = 2r \\ r = d/2$$

$$w = 15$$

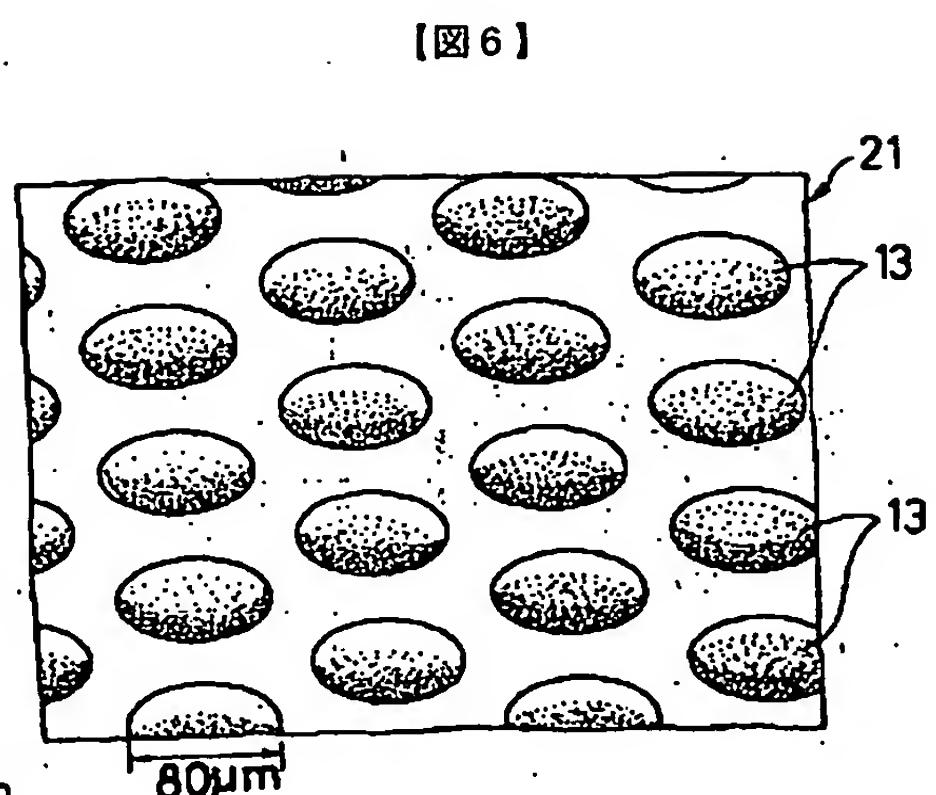
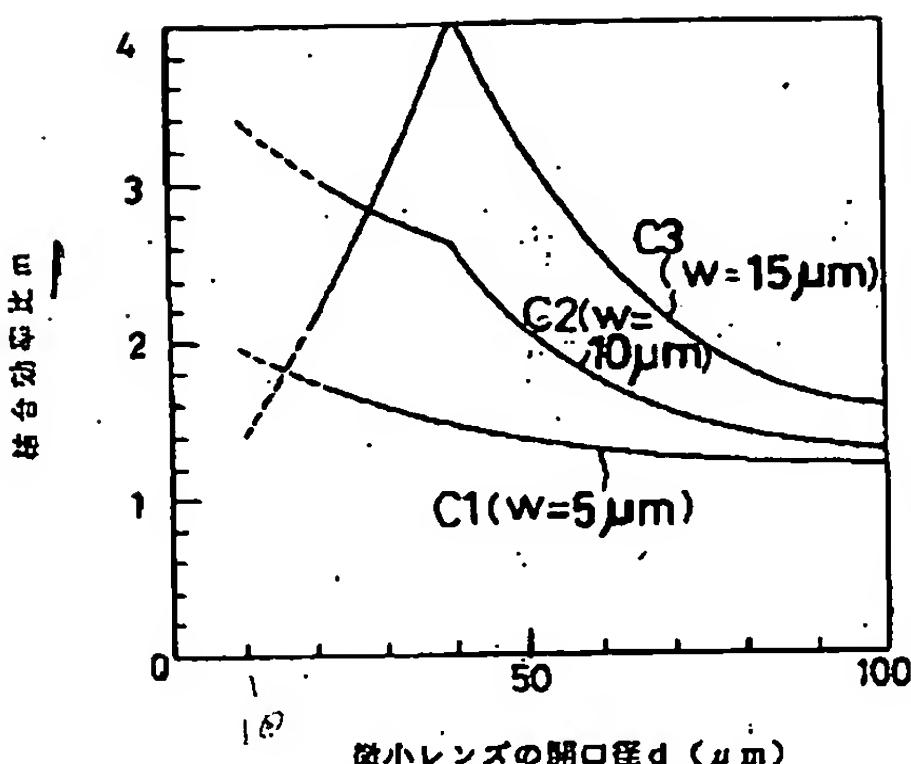
$$\theta^3 = (15)^3 = 3375$$

$$\theta^3 \sin \theta = 3375$$

(9)

r =

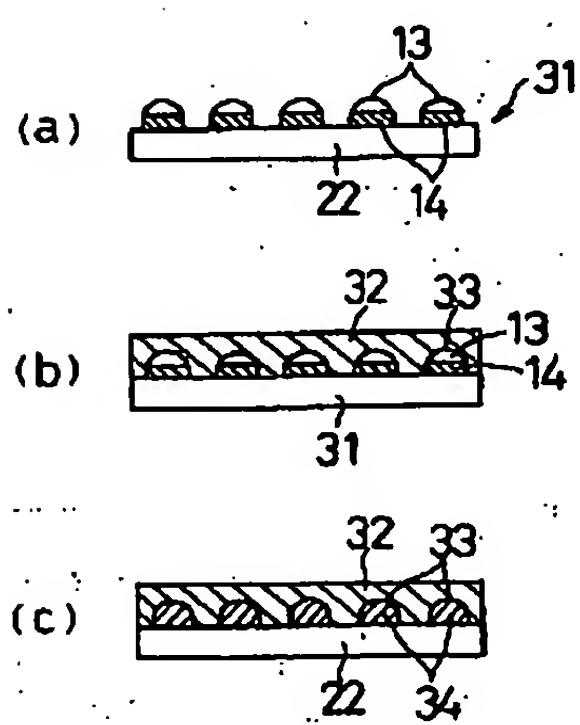
【図3】



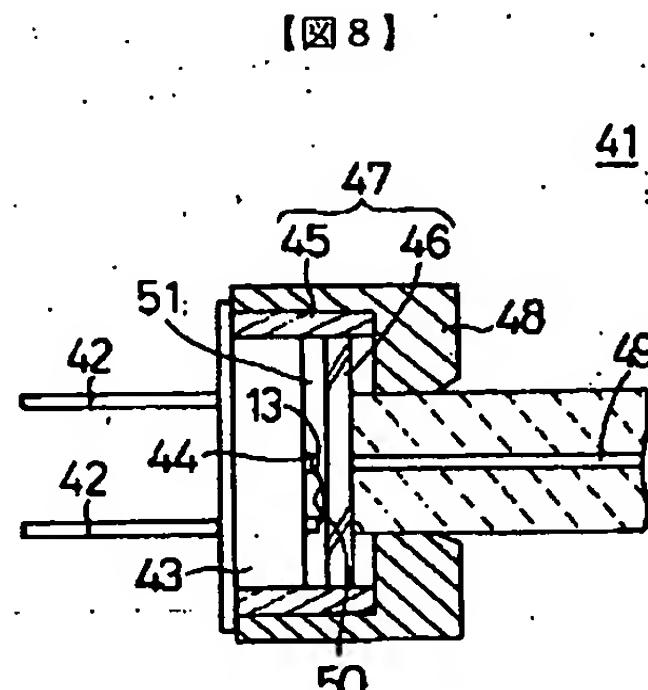
【図6】

【図13】

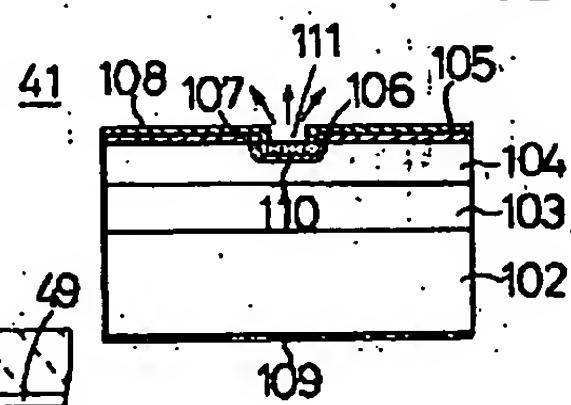
【図7】



【図8】



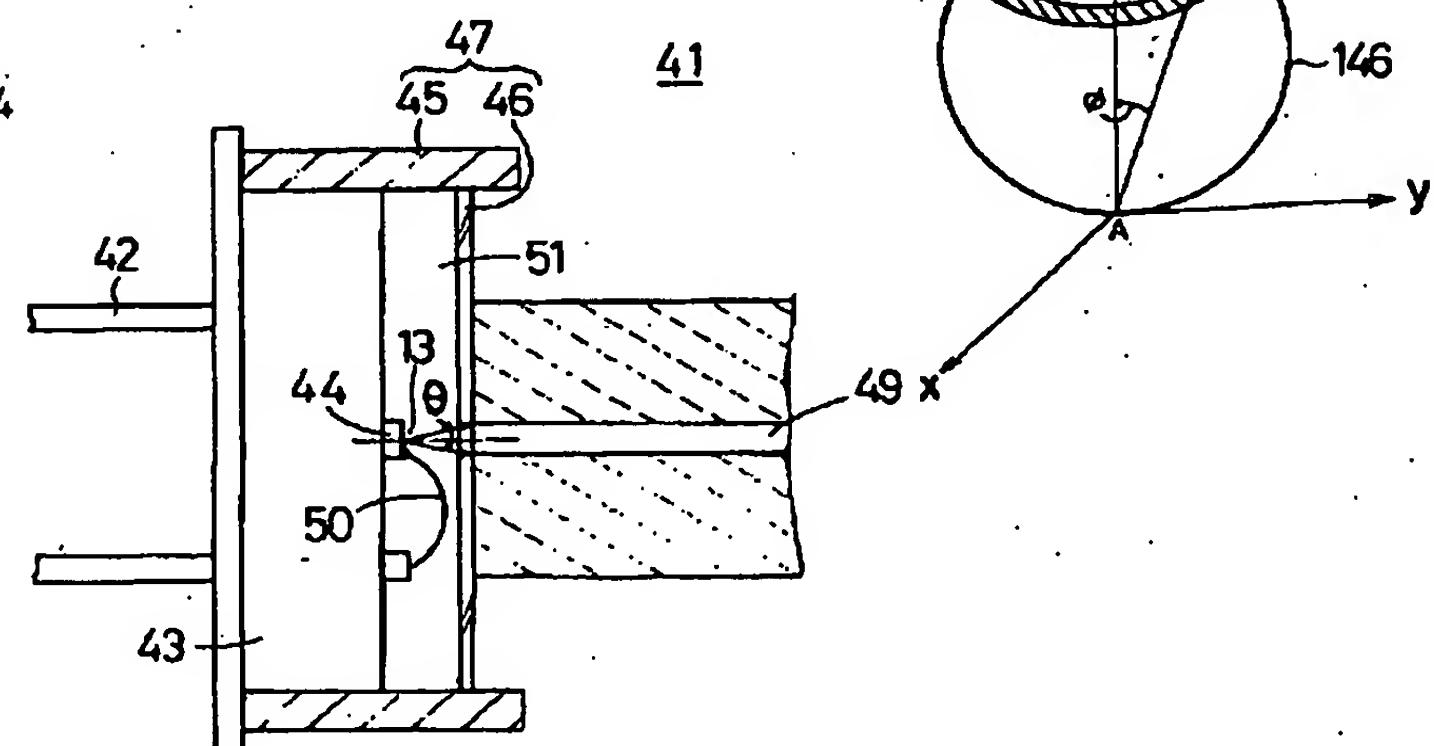
101



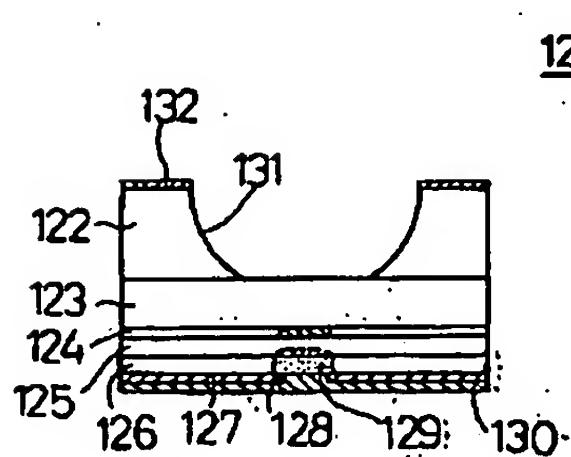
【図16】

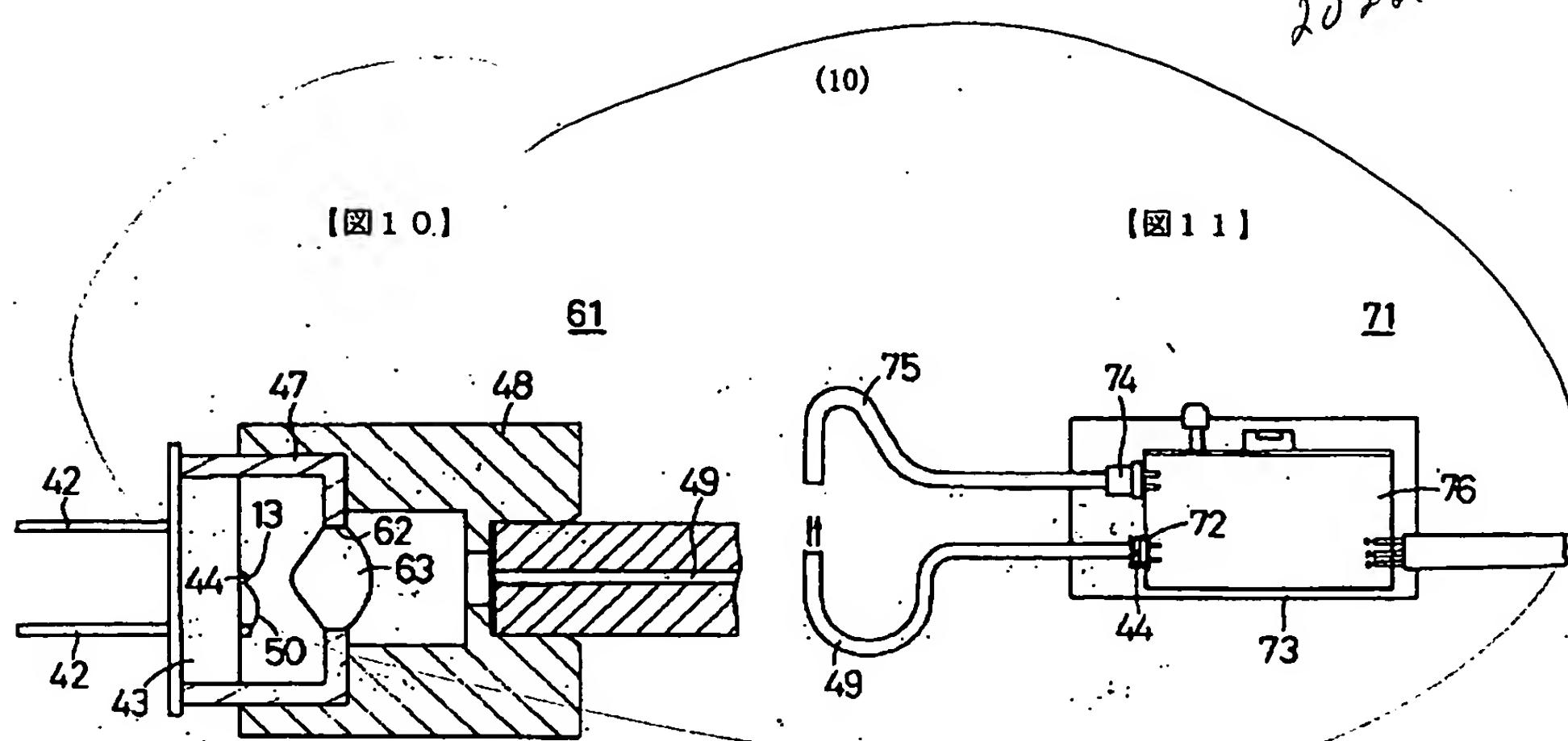
BEST AVAILABLE COPY

【図9】



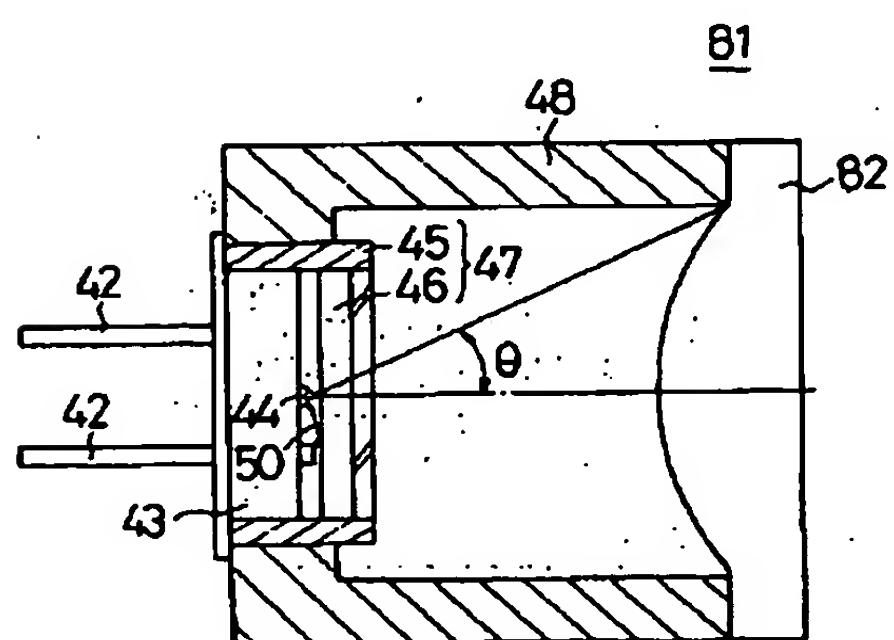
【図14】



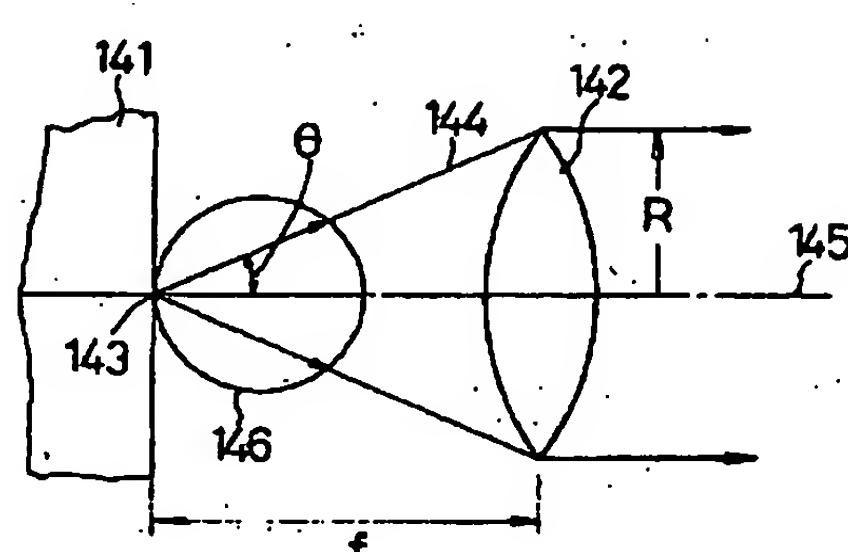


【図12】

【図11】

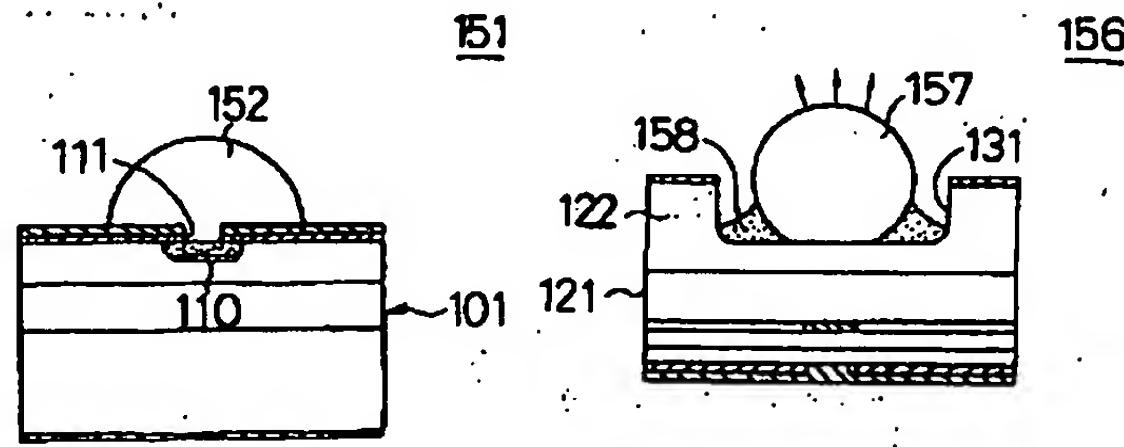
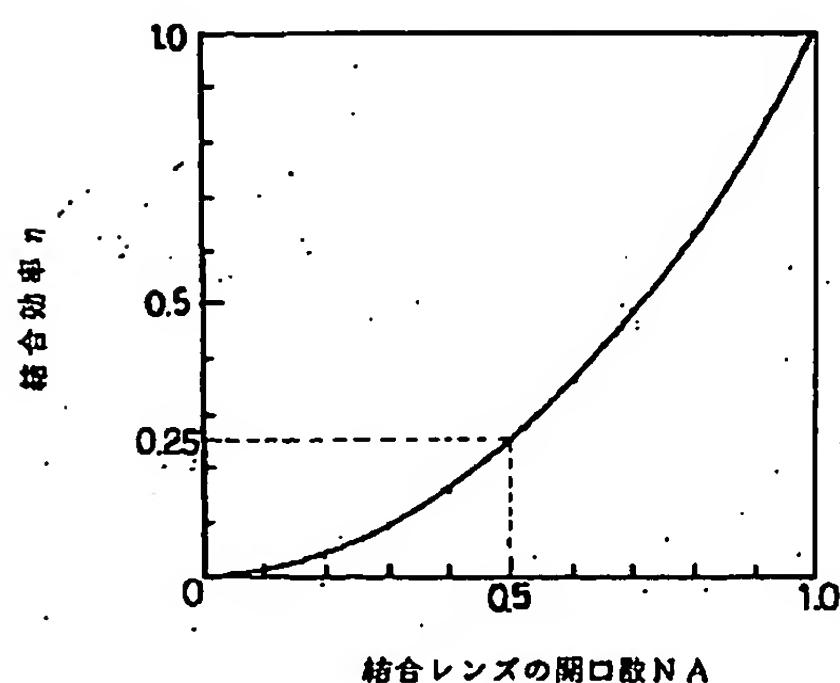


【図12】



【図13】

【図20】



【図19】

151

